

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Генератор ультразвуковых колебаний для интенсификации медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря

УДК 621.373.14.029:615.83:616-003.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Юношев Александр Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Солдатов Алексей Иванович	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков А.Г.	к.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н.		

По научно-техническим вопросам

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зам. директора по проектной работе ООО "Диагностика+"	Киселёва Е.Ю.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Промышленной и медицинской электроники	Губарев Ф.А.	к. ф.-м. н.		

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте биомедицинской и экологической техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной

	деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки _____

Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Ф.А. Губарев

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Д21	Юношеву Александру Николаевичу

Тема работы:

Генератор ультразвуковых колебаний для интенсификации медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря	
Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер)	№ 2784/с от 11.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объектом проектирования является генератор ультразвуковых колебаний, предназначенный для исследования метода интенсификации медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря; <ul style="list-style-type: none">• Режим генерации – непрерывный;• Форма сигнала - прямоугольная;• Частоты работы устройства - 450, 600, 880, 1000 кГц;• Интенсивность излучения регулируется непрерывно в пределах от 0,1 до 0,5 Вт/см²;• Сквозность - 2;• Управление осуществляется кнопками и иными переключателями;• Режимы работы и параметры излучения выводятся на дисплей;• Напряжение питания - $\pm 50\text{В}$;• Изделие типа В согласно ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1-88)/ ГОСТ Р 50267.0-92 (МЭК 601-1-88).
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Литературный обзор; Разработка структурной схемы устройства; Разработка принципиальной схемы устройства; Написание программы для микроконтроллера; В качестве дополнительных разделов: <ul style="list-style-type: none"> • социальная ответственность; • финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Заключение по работе.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Приложение А, Приложение Б, презентация MS PowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гусельников Михаил Эдуардович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков Артем Георгиевич
Научно-технические вопросы	Киселёва Екатерина Юрьевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ПМЭ	Солдатов А.И.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Юношев А.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 24 рис.,
28 табл., 23 источника, 3 прил.

Ключевые слова: генератор, ультразвук, желчнокаменная болезнь, интенсификация растворения конкрементов.

Объектом исследования является генератор ультразвуковых колебаний

Цель работы: разработка генератора ультразвуковых колебаний для проведения исследований метода интенсификации медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря

В процессе исследования проводились: литературный обзор, разработка структурной и принципиальной схем устройства, написание программы для микроконтроллера.

В результате исследования: был спроектирован генератор ультразвуковых колебаний с требуемыми параметрами.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Режим генерации – непрерывный; форма сигнала - прямоугольная; частоты работы устройства - 450, 600, 880, 1000 кГц. Интенсивность излучения регулируется непрерывно в пределах от 0,1 до 0,5 Вт/см²; скважность - 2; управление осуществляется кнопками и иными переключателями; режимы работы и параметры излучения выводятся на дисплей; напряжение питания - $\pm 50\text{В}$; изделие типа В согласно ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1-88)/ ГОСТ Р 50267.0-92 (МЭК 601-1-88).

Степень внедрения: принципиальная схема.

Область применения: использование в лечебных учреждениях, частных клиниках

Экономическая эффективность/значимость работы: конкуренция среди отечественных и иностранных производителей отсутствует, существующие аналоги не удовлетворяют требуемым параметрам.

В будущем планируется: исследования, модернизация устройства

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.003-99 «Шум. Общие требования безопасности»
2. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования. »
3. ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности »
4. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
5. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление »
6. ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1-88)/ ГОСТ Р 50267.0-92 (МЭК 601-1-88) "Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности"
7. СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения»
8. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений »
9. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ЖКБ - желчнокаменная болезнь;

ХДХК - хенодезоксихолевая кислота;

УДХК - урсодезоксихолевая кислота;

ПХЭС - постхолецистэктомический синдром;

ИП - источник питания;

МК - микроконтроллер;

LCD - (от англ. liquid crystal display) жидкокристаллический дисплей;

ЖКИ - жидкокристаллический индикатор;

УМ - усилитель мощности;

ВИП - вспомогательный источник питания;

АЦП - аналого-цифровой преобразователь;

ЦТС - цирконат-титанат свинца.

Оглавление	
Введение	12
1 Обзор литературы	13
1.1 Данные статистики	13
1.2 Образование камней в желчном пузыре	13
1.3 Методы лечения ЖКБ.....	15
1.3.1 Медикаментозное лечение	16
1.3.2 Ударно-волновая холелитотрипсия	17
1.3.3 Чрескожно-трансгепатический холелитолиз	18
1.3.4 Лапаротомическая и лапароскопическая холицистэктомия	19
1.3.5 Заключение по разделу.....	21
2 Объект и методы исследования	22
2.1 Изучение аналогов	22
2.2 Решение.....	26
3 Расчёты и аналитика	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Выбор и обоснование структурной схемы	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Выбор и обоснование принципиальной схемы.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.1 Формирователь импульсов	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.2 Особенности подключения микроконтроллера....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.3 Подключение ЖКИ к микроконтроллеру	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.4 Вспомогательный источник питания.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.5 Кнопки управления.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.6 Излучатель	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.7 Усилитель мощности.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Расчёт принципиальной схемы.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.1 Расчёт параметров пьезоэлементов.....	Ошибка! Закладка не определена.

3.3.2	Расчёт усилителя.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4	Алгоритм программы	Ошибка! Закладка не определена.
3.4.1	Общий алгоритм работы программы.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4.2	Обработка прерывания по кнопке "Включение" ..	Ошибка! Закладка не определена.
3.4.3	Обработка прерывания по кнопке "Пуск/Стоп" ...	Ошибка! Закладка не определена.
3.4.4	Обработка прерывания АЦП	Ошибка! Закладка не определена.
3.4.5	Обработка прерываний портов контроля положения галетного переключателя (4 обработчика прерываний для каждой частоты).	Ошибка! Закладка не определена.
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 29	
	Введение.....	29
4.1.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	29
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	29
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	31
4.1.3	SWOT-анализ	32
4.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	35
4.3	Планирование научно-исследовательских работ	35
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	35
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	36
4.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	37
4.3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	41
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	46
5	Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.
	Введение.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1	Производственная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.

5.1.1 Микроклимат.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.2 Освещение	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.3 Уровень шума.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.4 Электробезопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.5 Ультразвук	Ошибка! Закладка не определена.
5.2 Экологическая безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Ошибка! Закладка не определена.
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение.....	Ошибка! Закладка не определена.
Список использованных источников	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Б	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение В	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

Одной из наиболее распространённых причин хирургического вмешательства в настоящее время является желчнокаменная болезнь. Неправильное питание и малоподвижный образ жизни стали нормой современного общества. Но для организма человека, каким бы ни был текущий ритм жизни, такой режим ведёт к губительным последствиям.

Существующие методы лечения желчнокаменной болезни обладают рядом минусов и упущений в принципиально важных вопросах. Различные осложнения, большие сроки и стоимость лечения стали тупиковыми проблемами современных методов. К счастью, появилось новое решение, которое даёт возможность избавиться от этих недостатков.

Для исследования новой методики необходимо разработать устройство, способное изменять свои параметры в широком диапазоне и стать после небольшой модернизации прототипом нового медицинского аппарата. Этим устройством является генератор ультразвуковых колебаний, который предназначен для обеспечения наискорейшего растворения желчных камней в урсодезоксихолевой кислоте, повсеместно применяемой в лечении желчнокаменной болезни, за счёт возрастания скорости диффузии. Особенностью этого устройства является возможность работы на четырёх частотах до 1 МГц и плавная регулировка интенсивности ультразвукового

излучения. Этапы проектирования данного генератора будут изложены в следующих разделах.

1 Обзор литературы

1.1 Данные статистики

При современном уровне медицины и качестве оказания медицинских услуг наблюдается тенденция распространения желчнокаменной болезни даже в развитых странах. Статистические исследования свидетельствуют об увеличении возникновения ЖКБ как у взрослых, так и у детей. К факторам риска заболевания относят пол, возраст, анатомические особенности желчевыводящих путей, наследственность, малоподвижный образ жизни, употребление высококалорийной и богатой холестерином пищи с малым содержанием пищевых волокон, ожирение, сахарный диабет. Стоит отметить, что для одних и тех же возрастных категорий частота появления желчнокаменной болезни у женщин выше, чем у мужчин по данным одних исследований - примерно в 1,8 раз [1], по другим источникам - в 2,1 раза [2]. И наоборот, как для мужчин, так и для женщин вероятность возникновения болезни увеличивается с возрастом и имеет максимальное значение в среднем к пятидесяти годам. В целом, в России от ЖКБ страдают 3-12% населения [3].

1.2 Образование камней в желчном пузыре

На рисунке 1 представлен желчный пузырь и желчные протоки.

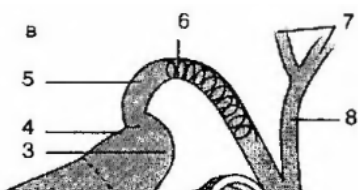


Рисунок 1 — Желчный пузырь и желчные протоки: 1 — дно желчного пузыря; 2 — тело желчного пузыря; 3 — карман Хартманна; 4 — шейка; 5 — пузырный проток; 6 — спиральная заслонка Хайстера; 7 — печеночные протоки; 8 — общий печеночный проток; 9 — общий желчный проток; 10 — панкреатический проток; 11 — фатерова ампула; 12 — сфинктер Одди; 13 — двенадцатиперстная кишка; 14 — большой сосочек двенадцатиперстной кишки. [4]

Пузырная жёлчь имеет следующий состав: около 80% воды, электролиты (K^+ , Na^+), 0,7-1,6% холестерина, 0,1-0,6% билирубина, 12% первичные жёлчные кислоты (холевая, хенодеоксихолевая), фосфолипиды (из них 4% - лецитин), глутатион, иммуноглобулины А и М, муцин. [5]

Факторы, приводящие к нарушению нормального образования желчи включают:

- а) Проблемы обмена холестерина, билирубина и кальция;
- б) Нарушения работы желчновыводящих путей, приводящие к задержке или застою желчи в желчном пузыре;
- в) Инфекционные заболевания.

Образование конкрементов в желчном пузыре проходит в две стадии. I стадия, предкаменная, характеризуется сгущением желчи и формированием её в билиарный сладж. На II стадии образуются камни как в желчном пузыре, так и в общем желчном протоке.

Билиарный сладж (от латинского «biliaris» – желчный и английского «sludge» – грязь, тина, ледяная каша, ил, взвесь) – это скопление кристаллов холестерина, пигментных кристаллов и солей кальция в одном образовании, возникающее в билиарных протоках и желчном пузыре. Термином

“билиарный сладж” обозначают любую неоднородность желчи, выявляемую при эхографическом исследовании. [6]

Желчные соли и желчные конкременты наносят повреждения слизистой оболочке желчного пузыря, что негативно сказывается на проницаемости мембран клеток, коллоидном состоянии желчи и является причиной воспалительных процессов стенки желчного пузыря. Рост давления и объёма желчного пузыря приводит к сдавливанию сосудов, при этом нарушается циркуляция крови, появляются её застои в артериолах, венулах и капиллярах. При длительном пережатии сосудов и затруднённом кровообращении эндогенная инфекция перерастает в вирулентную. [7]

Все известные конкременты желчного пузыря человека подразделяются на три вида [5]:

1) Холестериновые камни, наиболее распространённые (встречаются у 80-90% больных ЖКБ), содержащие свыше 50% холестерина по отношению к общей массе конкремента, могут также иметь в своём составе значительное количество кальция.

2) Чёрные пигментные конкременты, содержащие полимеры неконъюгированного билирубина, дипиролен и муцин.

3) Коричневые пигментные камни, состоящие, как правило, из билирубината кальция.

Холестериновые камни образуются только в желчном пузыре, любые холестериновые камни, выявленные в общем желчном или общем печеночном протоках, следует рассматривать, как мигрировавшие из желчного пузыря. Черные пигментные камни обычно образуются у больных пожилого возраста при гемолизе, алкоголизме и циррозе печени; они также возникают в желчном пузыре и редко мигрируют в протоки. Большинство пигментных камней в протоках - это коричневые пигментные камни. Они

образуются в протоках в результате бактериального ферментативного воздействия на желчные пигменты и фосфолипиды и часто сопровождаются рецидивирующим гнойным холангитом. [7]

1.3 Методы лечения ЖКБ

Современные методы лечения желчнокаменной болезни включают [8]:

1. Нефармакологические:

- а) соблюдение диеты;
- б) уменьшение массы тела;
- в) подвижный образ жизни и физические нагрузки

2. Фармакологические (приём препаратов)

3. Хирургические:

- а) лапароскопическая холецистэктомия;
- б) лапаротомическая холецистэктомия
- б) экстракорпоральная ударно-волновая литотрипсия;
- в) контактное растворение конкрементов.

1.3.1 Медикаментозное лечение

Медикаментозное растворение холестериновых конкрементов осуществляется с помощью хенодезоксихолевой (ХДХК) и урсодезоксихолевой (УДХК) кислот. Данный метод имеет высокую эффективность и при этом не является инвазивным, но как и любой другой способ лечения имеет противопоказания. Урсодезоксихолевую кислоту назначают также после проведения холецистэктомии и дробления камней (методы будут рассмотрены ниже) для профилактики и предотвращения рецидивов. Урсодезоксихолевая кислота – 3 α ,7 β -дигидрокси, 5 β -холановая кислота – это гидрофильная, не обладающая цитотоксичностью третичная желчная кислота. [6]

При медикаментозном лечении предпочтение отдаётся препаратам УДХК за счёт высокой эффективности и минимальном побочном действии. Рассмотрим принцип действия данной кислоты. Гидрофобный, неэстерифицированный холестерин транспортируется в желчи и удерживается в растворе с помощью смешанных жировых мицелл. В состав мицелл входят желчные кислоты, сопряжённые с таурином (холевая, ХДХК и ДХК) или глицином, а также лецитин. При большой концентрации холестерина, выделяемого печенью, а также при недостатке желчных кислот или лецитина мицеллы оказываются неспособны к удержанию холестерина в растворе, что ведёт к его кристаллизации. Дальнейший рост кристаллов приводит к образованию конкрементов. Растворение камней с помощью урсодезоксихолевой кислоты основан на обратном эффекте: кислота способствует уменьшению всасывания холестерина в кишечнике и выработыванию его в печени, следовательно его поступление в желчный пузырь будет снижаться. За счёт падения концентрации холестерина, образование камней прекращается, а сформировавшиеся кристаллы переходят в раствор. Также УДХК способна образовывать с холестерином жидкие кристаллы, что дополнительно помогает процессу растворения конкрементов. [8] Среди наиболее изученных клинических эффектов урсодезоксихолевой кислоты выделяют: формирование жидких кристаллов с холестерином, вывод холестерина из камней в желчь, снижение всасывания холестерина в кишечнике и его синтеза в печени, обеспечение устойчивости и прочности клеточной мембраны, вытеснение гидрофобных токсичных желчных кислот, приводящих к разрушению мембран клеток. [6]

1.3.2 Ударно-волновая холелитотрипсия

Рассмотрим другой способ лечения ЖКБ - ударно-волновая холелитотрипсия (рисунок 2). Данный метод использует воздействие акустических волн на конкременты для их механического разрушения. Волна после прохода биологических тканей достигает конкремента и вызывает в

нём механические сжимающие и разжимающие напряжения как в месте входа, так и в области выхода волны из камня. [9] Применение ударно-волновой литотрипсии возможно при размерах конкрементов не более 3 см, холестериновом типе камней и отсутствии их кальцификации, нормальном функционировании желчного пузыря. Литотрипсия противопоказана при приёме антикоагулянтов, наличии коагулопатий и полостных образований по ходу ударной волны. [10] При использовании ударно-волновой литотрипсии образуется большое количество песка и осколков, которые могут стать причиной задержки выведения желчи в двенадцатиперстную кишку и оказаться в дальнейшем источником рецидивного образования конкрементов. [11] Среди осложнений после ударно-волновой литотрипсии выделяют желчную колику (30-50%), острый холецистит, панкреатит (2-3%), холедохолитиаз с развитием механической желтухи, микро- и макрогематурию (3-5% наблюдений), гематомы печени, желчного пузыря, правой почки (1%). [7]

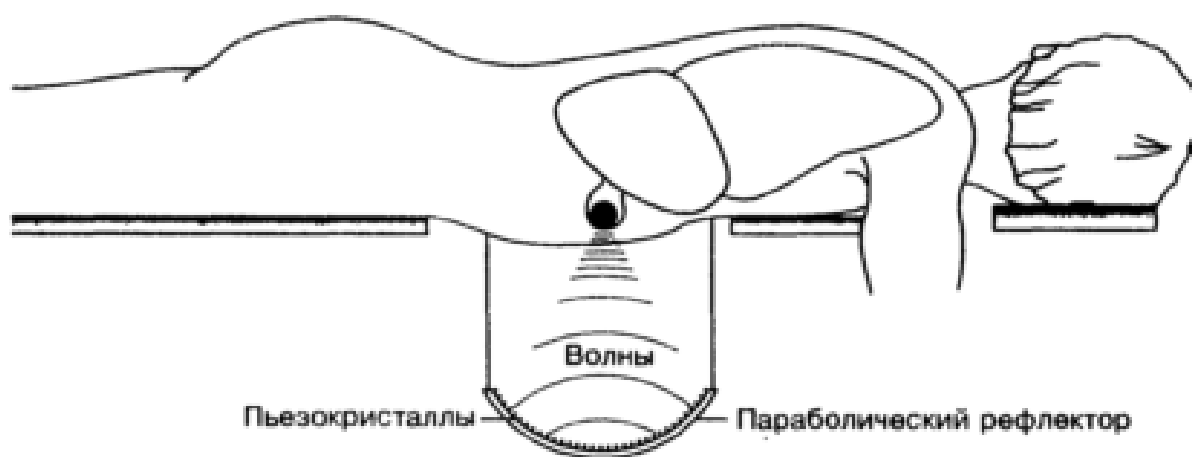


Рисунок 2 - Экстракорпоральная ударно-волновая литотрипсия (пьезоэлектрический генератор). Больной лежит на животе, ударные волны проходят через наполненный водой резервуар и фокусируются на камне жёлчного пузыря. [12]

1.3.3 Чрескожно-транспечёночный холелитолит

Одним из инвазивных методов лечения ЖКБ является чрескожно-транспечёночный холелитолит (рисунок 3). Через кожу и ткани печени в желчный пузырь под рентгенологическим или ультразвуковым контролем вводится катетер, по которому поступает растворитель холестериновых конкрементов - метил-терц-бутиловый эфир или пропионат эфир. Стоит отметить весьма высокую эффективность данного способа. Но при попадании растворителя в двенадцатиперстную кишку могут возникнуть такие серьёзные осложнения, как дуоденит и гемолиз. Со всасыванием растворителя связаны запах эфира изо рта и сонливость.

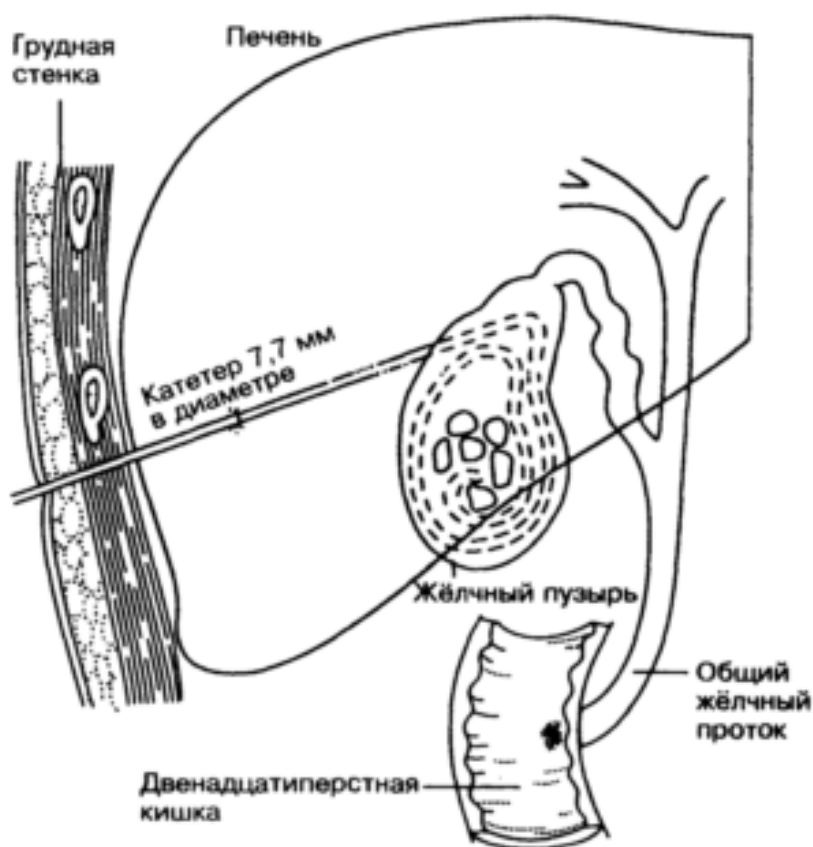


Рисунок 3- Чрескожная транспечёночная катетеризация жёлчного пузыря для растворения холестериновых камней метилбутиловым эфиром. [12]

1.3.4 Лапаротомическая и лапароскопическая холецистэктомия

Достаточно распространённым является способ лечения под названием холецистэктомия, представляющий собой оперативное вмешательство. Данный метод очень важен, поскольку в отдельных случаях является единственно возможным. Но такой способ лечения ЖКБ характерен частотой и тяжестью осложнений. В настоящее время традиционная холецистэктомия вытеснена лапароскопической холецистэктомией (рисунок 4). При данной процедуре в брюшную полость закачивают углекислый газ и под обезболиванием вводят лапароскоп и инструментальные троакары. Пузырный проток и сосуды жёлчного пузыря осторожно выделяют и клипируют. Для гемостаза используют электрокоагуляцию или лазер. Жёлчный пузырь выделяют из ложа и удаляют целиком. При наличии крупных конкрементов, затрудняющих извлечение препарата через переднюю брюшную стенку, их измельчают внутри жёлчного пузыря. [12] Однако, при этой операции выше риск тяжелых осложнений (например, повреждения желчного протока), которые требуют в дальнейшем большой по объёму восстановительной операции. В связи с этим, требуется строго соблюдать показания и противопоказания при удалении желчного пузыря. Кроме того, данная операция требует наличия новейшей дорогой видеотехники, а также высокой квалификации хирургов. [7]

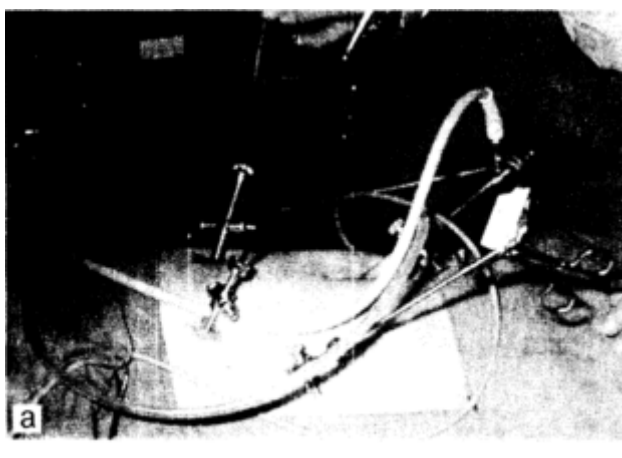


Рисунок 4 - Лапароскопическая холецистэктомия, а — эндоскоп и инструментальные троакары введены в брюшную полость; б — перевязка пузырного протока при подтягивании за жёлчный пузырь. [12]

Рекомендуя пациенту с ЖКБ оперативное вмешательство, всегда следует помнить о том, что хирургическое лечение — это ликвидация последствий желчнокаменной болезни, а не лечение ее сути. В связи с удовлетворительными результатами холецистэктомии при выполнении ее в плановом порядке без «отягчающих обстоятельств» (пожилой и старческий возраст, длительный анамнез ЖКБ, острый калькулезный холецистит, механическая желтуха и др.) хирурги зачастую считают, что удаление желчного пузыря полностью решает проблему заболевания. К сожалению, это далеко не так. По данным различных авторов, после холецистэктомии жалобы «гастроэнтерологического» характера наблюдаются у 5–48% и даже у 74,3% больных, а различные нарушения пищеварения — практически у 100% пациентов. Жалобы появляются даже у пациентов с бессимптомным течением ЖКБ, перенесших холецистэктомию. На отсутствие перемен в самочувствии указывают 25%, на ухудшение — 29%, а на возобновление болей в животе — около трети пациентов. Инвалидами после холецистэктомии ежегодно становятся от 2 до 12% больных. Нередки рецидивы ЖКБ после операции (до 10% и более). У 30–40% пациентов развивается так называемый постхолецистэктомический синдром (ПХЭС). [13]

1.3.5 Заключение по разделу

Все современные методы лечения желчнокаменной болезни имеют целый ряд недостатков. Такие методы как холецистэктомия, ударно-волновая литотрипсия и контактное растворение камней в желчном пузыре имеют изъяны в безопасности и отсутствии риска возникновения осложнений. Медикаментозное лечение длится, в среднем, до 2-х лет и является довольно затратным.

Большим шагом в лечении ЖКБ может стать модернизация наиболее приемлемого и эффективного метода, в ходе которой будет устранено его слабое место. Таким шагом будет сокращение сроков лечения с помощью препаратов. Достигается эта цель путём такого воздействия на конкременты, при котором диффузия растворяющего вещества (урсодезоксихолевой кислоты) будет наиболее эффективной. Это заметно ускорит процесс перехода холестериновых кристаллов в раствор. С помощью ультразвукового излучения определённой частоты и интенсивности можно добиться такого эффекта. Интенсификация медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря будет осуществляться с помощью ультразвукового генератора, проектированию которого будут посвящены следующие разделы

2 Объект и методы исследования

Метод интенсификации медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря с помощью ультразвукового излучения требует проведения полномасштабных исследований с использованием ультразвукового генератора, способного формировать импульсы в диапазоне частот от 450 кГц до 1 МГц с интенсивностью излучения от 0,1 до 0,5 Вт/см².

2.1 Изучение аналогов

Рассмотрим наиболее подходящие по параметрам готовые решения, имеющиеся на рынке на сегодняшний день.

2.1.1 Ультразвуковой терапевтический аппарат УЗТ-1.01.Ф «АРСА»

Технические характеристики:

- частота ультразвуковых колебаний, МГц $0,88 \pm 0,03\%$;
- эффективная интенсивность излучения (дискретно



2

Рисунок 5 - аппарат УЗТ-1.01.Ф "АРСА"

регулируемая), Вт/см² 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; $\pm 35\%$;

- дискретно регулируемое время процедур, мин 1-10 (через 1 мин);
 - эффективная площадь излучателя, см² 4;
 - время установки рабочего режима, не более, мин 0,5;
 - режим работы в течение 6 ч работа - 10 мин;
 - повторно-кратковременный перерыв - 5 мин;
 - потребляемая мощность, не более, ВА 10;
 - напряжение питания от сети переменного тока частотой 50Гц, В 220 $\pm 10\%$;
 - индикация работы аппарата:
 - текущее время;
 - окончание процедуры;
 - световая цифровая;
 - звуковая;
 - средний срок службы, лет 5;
 - средняя наработка на отказ, циклов, не менее 10000;
 - габаритные размеры, мм:
 - блок питания;
 - электронный блок;
- 90×55×52
- 240×78×52
- масса, не более, кг:
- блок питания 0,47
 - электронный блок 0,4

Цена: 8500 рублей

Данное устройство способно генерировать ультразвуковые колебания с нужной для исследований интенсивностью, но способно работать лишь на одной частоте.

2.1.2 Аппарат для ультразвуковой терапии УЗТ-1.04 О

Технические характеристики:

- Напряжение питания, В ~220
- Частота ультразвуковых колебаний, МГц 0,88
- Эффективная площадь излучателей, см²..- ИУТ 0,88-1.09 О 1
- ИУТ 0,88-0,5.10 Ф 0,5
- Режим работ непрерывный и импульсный
- Регулировка отдаваемой мощности ступенчатая
- Интенсивность ультразвуковых колебаний

- по ступеням, Вт/см³ 1,0; 0,4; 0,2; 0,05
- Длительность импульсов, мс 2, 4 и 10
- Частота повторения импульсов, Гц 50
- Мощность потребляемая от сети, Вт не более 50
- Габаритные размеры, мм 346x295x145
- Масса аппарата, кг не более 7



Рисунок 6 - аппарат УЗТ-1.04 О

Цена: 33125 рублей.

Аппарат УЗТ-1.04 О имеет необходимый диапазон интенсивности излучения, но генерирует колебания только на частоте 880 кГц.

2.1.3 Аппарат ультразвуковой трехчастотный лечебно-косметологический многофункциональный УЗМ- 01 «Галатея»

Технические характеристики:

- Частота:
 - Канал 1 - 23-32кГц
 - Канал 2 - 880кГц
 - Канал 3 - 2640кГц
- Интенсивность колебаний излучателей - 1Вт/кв.см
- Электропитание - 220В 50Гц
- Размер - 440х265х155мм
- Вес - 5кг.



Рисунок 7 - аппарат "Галатея" УЗМ-01

Цена: 109700 рублей.

Аппарат "Галатея" УЗМ-01 способен работать на трёх частотах, но лишь одна из них входит в необходимый для исследований диапазон.

2.1.4 Аппарат лечебно-косметологический АМЛК 3.01 Галатея

Технические характеристики:



Ультразвуковой режим работы: частота колебаний излучателя 28, 880, 2640кГц.

Регулировка мощности колебаний излучателя.

Рисунок 8 - аппарат "Галатея" АМЛК 3.01

Микротоковый режим работы: величина тока до 640мкА.

Форма тока: прямоугольная, трапецеидальная, меандр, синусоидальная, гальванический ток.

Полярность: монополярный, биполярный, попеременно меняющейся полярности.

Частота от 0,3 до 500имс/с.

Стандартные программы, комплексные программы.

Число записываемых в электронную память программ 16.

Ручной режим работы.

Режим работы электромиостимуляции: амплитуда выходного тока до 25В.

Электропитание от сети 200В.

Габаритные размеры 440х265х155мм.

Масса 5кг.

Цена: 141000 рублей.

Аппарат АМЛК 1.03 работает на частотах 28, 880 и 2640кГц, что не удовлетворяет условиям проведения исследования.

2.2 Решение

Изучение наиболее подходящих аппаратов на рынке выявило отсутствие необходимых устройств для проведения исследований. Следовательно, следующим шагом становится разработка такого устройства.

К медико-техническим требованиям проектируемого генератора ультразвуковых колебаний относятся:

- а) режим генерации - непрерывный;
- б) форма сигнала - прямоугольная;
- в) частоты работы устройства - 450, 600, 880, 1000 кГц;
- г) интенсивность излучения регулируется непрерывно в пределах - от 0,1 до 0,5 Вт/см²;
- д) скважность - 2;
- е) управление осуществляется кнопками и иными переключателями;
- ж) режим работы и параметры излучения выводятся на дисплей;
- з) питание от источника с выходным постоянным напряжением ± 50 В;
- и) требования к электробезопасности:

Звеном, контактирующим с телом, является головка ультразвукового излучателя, ключевой компонент которой - пьезоэлемент. Согласно ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1-88)/ ГОСТ Р 50267.0-92 (МЭК 601-1-88): изделие с рабочей частью, не имеющей электрического контакта с сердцем, изготавливается по типу В (В - изделие, обеспечивающее определенную степень защиты от поражения электрическим током, в частности в отношении: допустимого тока утечки, надежности соединений защитного заземления (при его наличии)).

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Д21	Юношев Александр Николаевич

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях, нормативно-правовых документах.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков А.Г.	К.И.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Юношев А.Н.		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проектирования, оценивается, будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевым рынком ультразвукового генератора для интенсификации медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря являются частные и государственные медицинские учреждения.

К сегментам рынка относятся больницы, поликлиники, компании по изготовлению и ремонту медицинской аппаратуры, сервисные центры и частные клиники.

Исследования, проводимые в данной работе, являются инициативными в рамках научно-исследовательской работы для медицинской отрасли. Следовательно, потенциальными потребителями результатов исследования являются городские и частные поликлиники, расположенные в любой области Российской Федерации.

Сегментирование рынка услуг по разработке ультразвукового генератора для интенсификации медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря можно провести по следующим критериям: риск осложнений, возраст пациента. Карту сегментирования рынка представлена в таблице 7.

Таблица 7 - Карта сегментирования рынка услуг по разработке ультразвукового генератора

		Риск осложнений		
		Высокий	Средний	низкий
Возраст пациента	От 20 до 40 лет		1	2,3
	От 40 до 55 лет		1	2,3
	От 55 лет и выше	1	2	3

1 – Холецистэктомия; 2 – Экстракорпоральная литотрипсия;

3 - Литолитическая терапия с применением ультразвука.

Как видно из карты сегментирования, метод литолитической терапии с применением ультразвука не имеет конкурентов на сегментах с низким уровнем осложнений. Для пациентов старше 55 лет лучше всего применять метод литолитической терапии, т.к. применение остальных методов может вызвать серьезные осложнения и даже летальный исход. Основным преимуществом литолитической терапии является факт того, что метод неинвазивный, а соответственно и более безопасный.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений проведён с помощью оценочной карты, представленной в таблице 8.

Таблица 8 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{к1}	Б _{к2}	Б _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _ф
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	3	3	5	0,3	0,3	0,5
2. Энергоэкономичность	0,1	4	2	4	0,4	0,2	0,4
3. Надежность	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
4. Безопасность	0,2	1	3	5	0,2	0,6	1
5. Простота эксплуатации	0,1	2	3	4	0,2	0,3	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							

1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2
3. Цена	0,1	2	3	5	0,2	0,3	0,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
5. Финансирование научной разработки	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	3	3	0,15	0,15	0,2
Итого	1	36	30	42	2,9	3	4,45

Где: $B_{к1}$ - Холицистектомия; $B_{к2}$ – Экстракорпоральная литотрипсия; $B_{ф}$ - Литолитическая терапия с применением ультразвука.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Следует отметить, что литолитическая терапия с применением ультразвука является наиболее безопасным из имеющихся методов и достаточно эффективным. Уязвимость конкурентов объясняется несовершенством методик, допускающих риск осложнений и побочных эффектов, большую трудоёмкость и относительно высокую стоимость проведения процедур.

Единственный недостаток литолитической терапии заключается в возможности рецидива заболевания. При этом разумно полагать, что повторное лечение единичных проявлений рецидива наиболее приемлемо, нежели удаление желчного пузыря.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Принципиально новая конструкция С2. Наличие опытного руководителя С3. Способность разрабатываемого прибора растворению всех камней в желчном пузыре С4. Экологичность технологии С5. Метод является не инвазивным	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Ограниченная область применения. Сл2. Недостаточно изученный метод Сл3. Отсутствие стопроцентной гарантии результата Сл4. Медленный процесс вывода на рынок новой технологии. Сл5. Ограниченные финансовые возможности
--	--	---

Продолжение таблицы 9

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
Возможности: В1. Возможность создания партнерских отношений с рядом ведущих вузов. В2. Большой потенциал развития ультразвуковой медицины в России. В3. Возможность выхода на внешний рынок. В4. Рост потребности в лечении желчнокаменной болезни В5. В случае принятия рынком выход на большие объемы производства прибора	-Имея принципиально новую конструкцию, при наличии опытного руководителя, возможно создать партнерские отношения с рядом ведущих вузов; -При наличии вышеперечисленных достоинств технологии мы имеем большой потенциал развития ультразвуковой медицины в России, и даже выход на внешний рынок; -Стратегия выхода на большие объемы производства генератора	-Испытание в работе и получение положительных заключений; -В дальнейшем более глубокая проработка метода; -Ориентирование на рост потребности в проведении процедур по удалению конкрементов из желчного пузыря

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Противодействие со стороны конкурентов: снижение цен, разработка новой конструкции. У3. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями. У4. Открытие принципиально нового метода со стопроцентной гарантией выздоровления У5. Повышение цен на комплектующие ультразвукового генератора	-Продвижение разрабатываемой технологии с акцентированием на достоинствах;	-Расширение каналов движения готового продукта (универсальность технологии); -Снижение стоимости ультразвукового генератора за счет увеличения числа выпускаемых единиц; -Испытание в работе/доказательство наибольшей эффективности метода, чем у конкурентов; -Ведение производства по изготовлению собственных комплектующих ультразвукового генератора
---	--	---

Далее с помощью интерактивной матрицы проекта составлено соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Использование интерактивной матрицы помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Данные матрицы настоящего проекта представлены в таблицах 10, 11, 12 и 13.

Таблица 10 - Интерактивная матрица проекта В-С

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	0	-	-
	B2	+	-	+	+	0
	B3	+	-	+	+	-
	B4	0	-	+	+	-
	B5	+	-	0	+	+

Анализ данной интерактивной таблицы позволяет выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C1C2, B2B3C1C3C4, B4C3C4, B5C1C3C4.

Таблица 11 - Интерактивная матрица проекта В-Сл

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	+	-	+
	B2	0	-	-	-	-
	B3	+	-	-	0	-
	B4	+	-	0	+	-
	B5	+	0	-	+	-

Анализ данной интерактивной таблицы позволяет выявить следующие коррелирующие слабые стороны и возможности: В1Сл3Сл5, В4В5Сл1Сл4.

Таблица 12 - Интерактивная матрица проекта У-С

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	+	+	-	+	+
	У3	0	-	-	0	-
	У4	-	-	+	+	-
	У5	+	-	-	-	-

Анализ данной интерактивной таблицы позволяет выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: У2С1С2С4С5, У4С3С4.

Таблица 13 - Интерактивная матрица проекта У-Сл

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	-	0	-
	У2	-	+	-	+	-
	У3	-	+	-	+	+
	У4	+	-	-	0	-
	У5	-	+	+	+	+

Анализ данной интерактивной таблицы позволяет выявить следующие коррелирующие слабые стороны и угрозы: У1Сл1Сл2, У2У3Сл2Сл4, У5Сл2Сл3Сл4Сл5.

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Систематическое исследование всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта

исследования осуществлено с помощью морфологического подхода. Реализация этого метода представлена в виде морфологической матрицы в таблице 14.

Таблица 14 - Морфологическая матрица для ультразвукового генератора

	1	2	3
А. Микроконтроллер	STM32F103C8T6	STM8S	STM32F407
Б. Галетный переключатель	RLC 371-1-1-12	MR18-A8	ПГ-3 5П4Н-В
В. Индикатор	WH1602d	MT-16S2H	WH1601A
Г. Стабилизатор напряжения	LP2950CDT-3.3	LM1117-3.3	ADM7150ARDZ-3.3

Предложим три варианта решения технической задачи:

1) А1Б3В2Г2; 2) А2Б1В3Г1; 3) А3Б2В1Г3.

В данной работе задача реализуется первым вариантом А1Б3В2Г2.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Подготовка, организация и сам процесс проектирования проходит определённые этапы, в ходе которых достигается запланированный результат и устраняются недочёты.

Порядок проектирования ультразвукового генератора с указанием исполнителей представлен в таблице 15.

Таблица 15 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
	2	Выдача задания на тему	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Научный руководитель
	5	Подбор литературы	Студент
	6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические	7	Проведение теоретических	Студент

исследования		расчетов и обоснований	
	8	Анализ конкурентных технологий	Студент
	9	Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	Студент
	10	Согласование полученных данных с руководителем	Студент, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводом	Студент
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Студент

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так

как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где

T_{ki} – продолжительность одной работы в календарных днях.

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней году (365).

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году (104).

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году (14).

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.48$$

















Все рассчитанные значения сведены в таблицу 16.



Используя таблицу 16 можно построить календарный план-график выполнения работ в виде таблицы 17.

Таблица 16 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			t_{oji} , чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение технического задания	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель			3	3	3	5	5	5
Выдача задания на тему	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Студент			2	2	2	3	3	3
Постановка задачи	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Студент			2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки	3	1	2	5	2	4	3,8	1,8	2,8	Рук. – студ.			2	1	1,5	3	1	2
Подбор литературы	7	6	7	10	8	10	8,2	6,8	8,2	Студент			8	7	8	12	10	12
Сбор материалов и анализ существующих разработок	14	14	14	17	17	17	15,2	15,2	15,2	Студент			15	15	15	23	23	23
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	7	7	9	9	9	7,8	7,8	7,8	Студент			8	8	8	12	12	12
Анализ конкурентных технологий	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Студент			6	6	6	9	9	9
Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	3	2	3	5	4	3	3,4	2,4	3,4	Рук. – студ.			3	1	3	4	2	4
Согласование полученных данных с руководителем	2	1	2	5	3	4	3,2	1,8	2,8	Рук. – студ.			1,5	1	1,5	2	1	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент			2,5	2,5	2,5	4	4	4
Работа над выводом	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент			2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент			5	5	5	7	7	7
Итого										Руководитель			9,5	6	9			
										Студент			57	52,5	56,5			

Таблица 17 - Календарный план-график проведения НИОКР

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5									
2	Выдача задания на тему	Студент	3									
3	Постановка задачи	Студент	3									
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, Студент	3		 							
5	Подбор литературы	Студент	12									
6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	23									
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	12									
8	Анализ конкурентных технологий	Студент	9									
9	Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	Руководитель, Студент	4						 			
10	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	2							 		
11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4									
12	Работа над выводом	Студент	3									
13	Составление пояснительной записки	Студент	7									

 – студент;  – руководитель.

4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.4.а Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. В данном случае было взято 15%.

Таблица 18 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, с учетом транс.расх. (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	150	150	2	2	2	345	345	345
Картридж	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402	402	402
Ручка	шт.	1	1	1	25	25	25	28,75	28,75	28,75
Тетрадь	шт.	1	1	1	30	30	30	34,5	34,5	34,5
Итого								1960	1960	1960

4.3.4.б Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по данной

теме. При приобретении спецоборудования учитываются затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Бюджет затрат на приобретение спецоборудования для научной работы

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, с учетом тран. расх., руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Микроконтроллер	1	1	1	365	250	222	420	288	255
2.	Галетный переключатель	1	1	1	82	80	77	94	92	89
3.	Индикатор	1	1	1	680	610	594	782	702	683
4.	Стабилизатор напряжения	1	1	1	130	118	102	150	136	117
Итого:								1446	1218	1144

4.3.4.в Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Результаты расчета основной заработной платы приведены в таблице 20.

Таблица 20 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	К _р , руб.	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р			З _{осн}		
				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	1,3	30244	1163,2	9,5	6	9	11050	6979	10469
Студент	1,3	9069	348,811	57	52,5	56,5	19882	18312	19707
Итого				66,5	58,5	65,5	30933	25292	30177

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 10);

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m}{T_{р.м.}},$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$T_{р.м.}$ - количество рабочих дней в месяц (При выполнении данной работы было взято 26 раб. дней в месяц).

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

4.3.4.г Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принят равным 0,12 – 0,15). В данном случае коэффициент равен 0,12.

Таблица 21 - Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.			Общая заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	11050	6979	10469	1326	837	1256	12376	7817	11725
Студент-дипломник	19882	18312	19707	2385	2197	2364	22268	20510	22072
Итого				3711	3034	3620	34644	28327	33797

4.3.4.д Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Исп.1: $З_{\text{внеб}} = 0,3 * 34644 = 10393$ руб.

Исп.2: $Z_{\text{внеб}} = 0,3 * 28327 = 8498$ руб.

Исп.3: $Z_{\text{внеб}} = 0,3 * 33797 = 10139$ руб.

4.3.4.е Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$Z_{\text{накл. исп1}} = 7750$ руб.; $Z_{\text{накл. исп2}} = 6400$ руб.; $Z_{\text{накл. исп3}} = 7526$ руб.

4.3.4.ж Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1960	1960	1960	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1446	1218	1144	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	30933	25292	30177	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3711	3034	3620	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	10393	8498	10139	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	7750	6400	7526	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	56193	46402	54566	Сумма ст. 1- 6

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведён в таблице 23.

Таблица 23 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	2	3
3. Безопасность	0,25	5	3	4
4. Уровень проникновения на рынок	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,2	4	3	4
6. Цена	0,1	5	4	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 5*0,15 + 4*0,1 + 5*0,25 + 4*0,2 + 4*0,2 + 5*0,1 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3*0,15 + 2*0,1 + 4*0,25 + 3*0,2 + 4*0,2 + 4*0,1 = 3,45;$$

$$I_{p-исп3} = 4*0,15 + 3*0,1 + 4*0,25 + 3*0,2 + 4*0,2 + 4*0,1 = 3,7.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}^{исп.i}}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 24) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 24 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,86	0,97
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,45	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,84

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Самым высоким показателем эффективности обладает исп.1, оно полностью удовлетворяет всем нужным параметрам для создания ультразвукового генератора. Что же касается финансовой эффективности, то исп.1 получилось самым дорогим. Это связано с тем, что для его выполнения были выбраны более точные, а следовательно более дорогостоящие детали схемы для ультразвукового генератора.